

Alternativas para la conservación de recursos genéticos en bancos de germoplasma

G. Mafla y D.G. Debouck

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), AA 6713 Cali, Colombia.

Los recursos genéticos constituyen la base biológica para la seguridad alimentaria mundial y están conformados por la diversidad del material genético que contienen las variedades tradicionales y los cultivares modernos, así como las plantas silvestres afines a las cultivadas. Estos recursos son la materia prima más importantes de los fitomejoradores y el mayor aporte para la producción y diversidad genética que utilizan los agricultores. Constituyen también un depósito de adaptabilidad genética que sirve como garantía ante el peligro representado por los cambios medioambientales y económicos (1).

Se estima que de las 250.000 a 300.000 especies de plantas existentes en el mundo, cerca del 10 a 20% están amenazadas (2). Con los recursos y condiciones actuales, la conservación *in situ* no permite proteger a todas las especies en peligro de extinción. En todos los países las áreas protegidas abarcan sólo una fracción de los habitats de especies amenazadas, por ello el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), suscrito en 1992 por 157 países, reconoce la necesidad de complementar la conservación *in situ* con medidas de conservación *ex situ*. En el caso de las especies en alto riesgo de erosión genética o en extinción, la conservación *ex situ* puede ser la única forma de conservarlas. Para otras especies, la conservación *ex situ* sirve como una medida complementaria a los métodos de conservación *in situ*.

La conservación *ex situ* de especies vegetales adquiere cada día más relevancia como parte de una estrategia para conservar la diversidad biológica existente en el mundo. Las actividades agrícola y forestal, así como las ciudades y complejos turísticos están expandiendo aceleradamente sus fronteras, generando degradación de ecosistemas naturales, pérdida de habitats y, como consecuencia, la extinción local de especies. Esto sin contar con otros factores, como la constante degradación por pastoreo y desertificación.

Muchos esfuerzos se han concentrado en la conservación *ex situ*, particularmente los bancos de germoplasma. En 1963, en la Duodécima Sesión de la Conferencia de FAO se promovió fuertemente la conservación *ex situ* y se marcaron las pautas para la colección, conservación e intercambio de los recursos genéticos. Hoy, como resultado, hay un total de 1300 bancos de germoplasma alrededor del mundo totalizando aproximadamente 6 millones de muestras (3). De ese total alrededor de 600,000 accesiones se mantienen en el sistema del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) y el resto permanecen conservados en los bancos de germoplasma nacionales.

Los bancos de germoplasma constituyen una de las estrategias más comunes para conservar la diversidad biológica vegetal *ex situ*, permitiendo conservar por mucho tiempo y en un espacio reducido muestras representativas de diversidad genética de una gran cantidad de especies de plantas (4).

Nuevos acuerdos han sido firmados con el Órgano Rector del Tratado Internacional sobre los Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, en donde las instituciones se comprometen a proteger las colecciones y hacer que los materiales y su información sea disponible a los usuarios

El elemento central del Tratado es el Sistema Multilateral, creado para facilitar el acceso y distribución de beneficios para los 35 cultivos y 29 géneros de forrajes especificados en el anexo 1 del Acuerdo. El acceso facilitado se concede solo para fines de investigación, mejoramiento y capacitación al servicio de la alimentación y la agricultura, los recursos genéticos de estos cultivos son disponibles a través de un Acuerdo normalizado de transferencia de material (SMTA) (5).

En 1994, los once centros del CGIAR firmaron un acuerdo con FAO colocando sus recursos genéticos " en fideicomiso ". Este acuerdo fue reemplazado por el nuevo acuerdo celebrado el 16 de Octubre de 2006 en donde los Centros Internacionales firmaron un acuerdo de asociación con el Tratado Internacional, mediante el cual colocan sus colecciones dentro del Sistema Multilateral tal como viene indicado en el artículo 15 del tratado (6).

Conservación y uso de los recursos genéticos en CIAT

Política institucional

A partir de los 70's el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) aceptó el mandato mundial para el germoplasma de frijol, yuca y forrajes. A partir del 1^{ro} de Enero de 2007 entró en vigencia para el CIAT, al igual

Autor para correspondencia correo electrónico: gmafla@cgiar.org

que los otros centros del CGIAR, el SMTA. En el período 1994-1996 se utilizó un ATM CIAT (Acuerdo de Transferencia de Material) y en 1997-2006, se usó un ATM aprobado por la FAO. El CIAT mantiene las colecciones de frijol y forrajes en banco de semillas y la colección de yuca es mantenida en forma de *in vitro*. Dentro de los objetivos institucionales del CIAT se encuentran la caracterización, evaluación, documentación, conservación, multiplicación y distribución de los cultivos de su mandato.

Estado del germoplasma registrado en el Sistema Multilateral del Tratado Internacional

Un total de 64,870 accesiones de frijol, forrajes y yuca han sido registradas en el Sistema Multilateral del Tratado Internacional. Las accesiones de frijol conservadas en el CIAT está representada por un total de 35,231, la mayor parte de ellas corresponden a *P. vulgaris* y el resto a *P. lunatus*, *P. coccineus*, *P. dumosus* y *P. acutifolius*. La colección de yuca conservada en forma *in vitro* comprende un total de 6,499 accesiones, un 85,6% corresponde a *M. esculenta* y el resto a 33 especies del género *Manihot*. El germoplasma de forrajes está representado por un total de 23,140 accesiones y comprende 150 géneros con más de 730 especies silvestres (7).

Actividades de conservación

Los principios y procedimientos en las que se han enfocado las acciones de la Unidad de Recursos Genéticos (URG) del CIAT son las siguientes:

1. Suscribiendo el acuerdo con el Tratado Internacional el 16 de Octubre de 2006, el CIAT se compromete a colocar sus colecciones en fideicomiso dentro del Sistema Multilateral de Acceso facilitado y Distribución de Beneficios. Según los artículos de la parte IV y 15.1 del Tratado, el CIAT se compromete a distribuir materiales en conformidad con las disposiciones del Tratado y mantener éste servicio (Art. 12.3) (6).

2. El germoplasma disponible para la distribución, está viable, sano y con características conocidas.

3. Copias de seguridad son enviadas a otras instituciones mediante Acuerdos entre las instituciones.

4. Repatriación del germoplasma al país de origen cuando es requerido.

5. Investigación enfocada en precisar mejor el objeto de la conservación y en mejorar la eficiencia y confiabilidad de los métodos de conservación.

6. Formación de recursos humanos especializados en métodos de conservación.

Impacto de la conservación

Los recursos genéticos son conservados con el propósito de que puedan ser utilizados en cualquier momento. Muchas de las muestras distribuidas cada año son usadas por el mismo centro, mientras que otro grupo de muestras son distribuidas a instituciones externas.

Monitoreos periódicos de viabilidad y sanidad aseguran el mantenimiento de las colecciones en un alto grado de calidad permitiendo por lo tanto una distribución segura. La Unidad de Recursos Genéticos del CIAT ha distribuido en un periodo de 25 años un total de 399,570 muestras de frijol a 98 países, 83,098 muestras de forrajes a 104 países y 28,590 muestras de yuca a 67 países. De los usuarios son los programas nacionales (NARS) y Universidades los que han recibido un mayor porcentaje las accesiones distribuidas, las estadísticas reflejan que la distribución de estos cultivos es relativamente alta.

Recursos genéticos de yuca en CIAT

Un total de 20.000 accesiones de yuca y sus especies silvestres son conservadas *ex situ* en CIAT, IITA, y programas nacionales en más de 45 países (8). El cultivo de yuca es un buen modelo de estrategias complementarias de conservación y varias opciones de métodos *ex situ* como colecciones en campo, conservación de semillas, conservación *in vitro* y crioconservación son disponibles para la conservación de éste recurso genético.

El germoplasma de yuca puede ser mantenido en el campo, éste método tiene una ventaja porque permite que los materiales puedan ser evaluados y caracterizados. Una de las desventajas es el espacio que puede ocupar y la presión constante a plagas y enfermedades lo que dificulta por lo tanto la distribución de un material sano.

La conservación de semilla sexual puede ofrecer un alto grado de acceso y seguridad a corto y largo plazo. Sin embargo, no es siempre disponible porque muchos genotipos son estériles, esta metodología es recomendada para las especies silvestres porque puede asegurar el mantenimiento de la diversidad genética que se encuentra en ellas, lo que permitiría en el futuro atender la demanda de los mejoradores a fin de obtener variedades con mejores características

La conservación *in vitro* en yuca está bien desarrollada y ha sido aplicada en muchos bancos de germoplasma. La colección de yuca constituida por 6,499 accesiones, procedente de 23 países, es mantenida bajo condiciones de crecimiento lento con una frecuencia de subcultivo de una vez cada 12 meses, éste procedimiento permite una rápida multiplicación para la distribución de germoplasma (9). Nuevas metodologías han sido establecidas para lograr un crecimiento mínimo utilizando inhibidores de etileno lo que ha permitido extender el tiempo de conservación (10). Esta metodología ha servido para tener el duplicado de seguridad en otra institución, permitiendo que la reposición de la misma se realice en un período más largo. La conservación *in vitro* ha sido establecida a partir de

plantas libres de enfermedades producidas a partir de termoterapia y cultivo de meristemas y evaluadas para los diferentes virus de la yuca de importancia cuarentenaria como son el Mosaico Común de la Yuca (CCMV), Virus X de la Yuca (CsXV) y Cuero de Sapo (FSD) (11). Estos procedimientos de limpieza y certificación de la colección han facilitado la distribución de germoplasma hacia otras instituciones, tener un duplicado de seguridad en otra institución y repatriar colecciones a países que han perdido sus materiales por diversos motivos, entre ellos desastres naturales, como ocurrió con materiales de Cuba, Perú, Ecuador y Paraguay.

De 1979 al 2006 la Unidad de Recursos Genéticos ha distribuido un total de 28,590 muestras de yuca (5,795 accesiones diferentes). La alta demanda nos indica que éste recurso es de interés para los mejoradores y científicos de 67 países. El principal usuario de éste germoplasma han sido los diferentes proyectos de CIAT quienes han recibido un 64% (18,373 muestras) y las instituciones externas han recibido el 36% (10,217 muestras). Estos resultados sugieren que la demanda por el germoplasma de yuca es sustancial y proviene de un rango amplio de usuarios externos y utilizados para diferentes propósitos. Son los Institutos nacionales y Universidades los que solicitan en una mayor proporción materiales de yuca, siendo agronomía, investigación básica y mejoramiento los propósitos más comunes (Figura 1).

Otra de las alternativas para la conservación del germoplasma de yuca es la crioconservación, la cual permite el almacenamiento a largo plazo. La metodología desarrollada consiste en la encapsulación-deshidratación de ápices y posterior inmersión en nitrógeno líquido (12). La técnica permite que la yuca sea conservada por muchos años sin necesidad de un mantenimiento periódico. Esta técnica requiere menos espacio y permite duplicar la colección en otro sitio, en el momento la técnica está siendo evaluada en el 10% de la colección de yuca.

Una serie de estudios han sido realizados para analizar el costo de conservar el germoplasma de yuca en campo, *in vitro* y crioconservado. El costo promedio anual varía considerablemente de acuerdo al método de conservación utilizado (Cuadro 1). Estos costos de conservación son insignificantes comparado con el beneficio potencial que se genera a partir del acceso y del uso continuo de éste germoplasma (13).

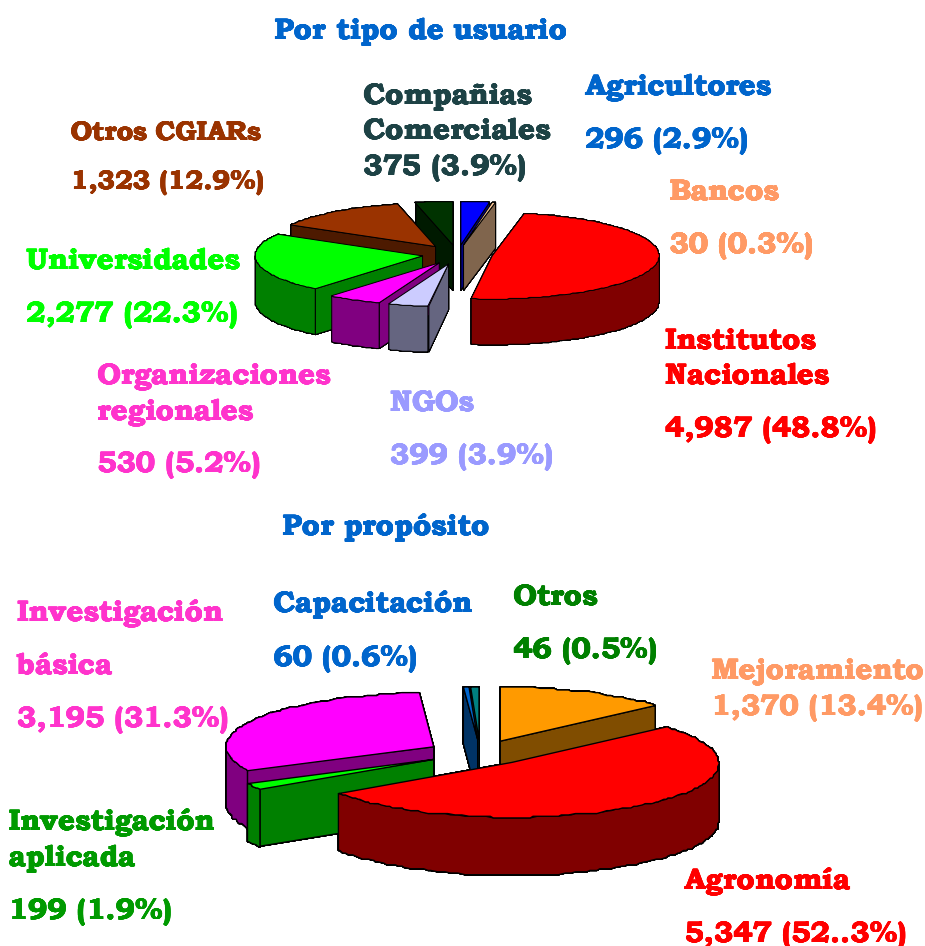


Figura 1. Distribución del germoplasma de yuca en el periodo 1979-2006 a diferentes usuarios externos y utilizados para diferentes propósitos.

Cuadro 1. Costos promedios de conservar accesiones de yuca en el banco de germoplasma.

Conservación como:	Espacio por 1 copia	No. Muestras/clon	Control viabilidad (año)	Costo (US\$) Clon/año
Colección campo	4.5-6 Ha	6 plantas	1.5	7.18
<i>in vitro</i>	42 m ²	5 plantas	1-1.5	10.34
Crioconservación	1 m ³	80-100 ápices	10	0.86
Crioconservación con regeneración			40.31	

Literatura citada

1. FAO. 1996. Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: Plan de acción mundial e informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia. 10p.
2. Gold, K.; P. León-Lobos, y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p.
3. Anonymous. 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 510p.
4. Plucknett, DL., Smith, NJH., Williams, JT. & Anishetty, NM. 1987. Gene banks and the world's food. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 247p.
5. Fowler, C. 2006. Conserving plant genetic resources: Imperative and opportunity. *Chronica Horticulturae*. Vol 46(3).
6. FAO. 2002. El tratado internacional sobre los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia. 45 p.
7. CIAT. 2007. Unidad de Recursos Genéticos [on line]. [Citado el 02 Marzo 2007] Disponible en: <http://isa.ciat.cgiar.org/urg/main.do?language=en>
8. Bonierbale, M., Guevara, C., Dixon, A.G.O., Ng, N.Q., Asiedu, R. And Ng, S.Y.C. 1997. Chapter 1. Cassava. In: Fuccillo, D., Sears, L. and Stapleton, P. (eds) Biodiversity in trust. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-20
9. Roca, W.M., Chavez, R., Marin, M.L., Arias, D.I., Mafla, G., Reyes, R. 1989. *In vitro* methods of germplasm conservation. *Genome* 31 (2): 813-817.
10. Mafla, G., Roa, J.C. & Guevara, C.L. 2000. Advances on the *in vitro* growth control of cassava, using silver nitrate. In: «Cassava Biotechnology». Carvalho, L., Thro, A.M., Vilarinhos, A. D.(eds.) Pp.439-446
11. Roca, W.M., Nolt, B., Mafla, G., Roa, J.C. & Reyes, R. 1991. Eliminación de virus y propagación de clones en la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) In: Roca, W.M., Mroginski, L.A. (eds.), Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y Aplicaciones, pp. 403-421.
12. Escobar, R.H., Manrique, N.C., Debouck, D.G., Tohme, J., Roca, W.M..2000. Cryopreservation of cassava shoot tips using encapsulation-dehydration technique. In: Annual Report, Project SB-01: Assessing and utilizing agrobiodiversity through biotechnology. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, CO. p. 178-181.
13. Koo, B., Pardey, P. and Debouck, D. 2004. CIAT Genebank. In: Koo, B., Pardey, P. and Wright B. Saving seeds: The economics of conserving crop genetic resources ex situ in the Future Harvest Centres of the CGIAR. CABI Publishing (for IFPRI), Wallingford, UK. pp. 105-125